

# ABSTRACT

Monitoring of surface radioactive contamination has been done at Nuclear Chemistry Laboratory, Nuclear Engineering Department, Faculty of Engineering, Gadjah Mada University using sampler taken from 16 locations. The result of smear test shows that there is no sample with level of contamination exceeds the permitted level limit. The highest contamination level is on radionuclide container B which is  $7.473 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  and then on radionuclide container A which is  $4.784 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ . The contamination level are relatively high on laboratory table B which is  $2.946 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ , on laboratory table C which is  $2.912 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$  and on laboratory table D which is  $2.250 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ . The other sampler have contamination level relatively low or nearly the same as of the background.

# PENGANTAR

Penggunaan zat radioaktif sumber terbuka akhir-akhir ini menunjukkan kenaikan baik jumlah maupun jenisnya, bahkan diduga kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat pada masa mendatang, penggunaan zat radioaktif sumber terbuka semakin meningkat. Penggunaan zat radioaktif sumber terbuka tersebut menyebabkan terjadinya kontaminasi baik pada peralatan-peralatan yang digunakan maupun tempat dimana proses dilakukan.

Kontaminasi akibat penggunaan zat radioaktif sumber terbuka sekecil apapun tidak dapat dihindari, walaupun dalam setiap tata kerja penggunaan zat radioaktif sumber terbuka telah diberikan petunjuk-petunjuk kerja secara rinci dan jelas. Dalam mencapai manfaat yang setinggi-tingginya dalam setiap penggunaan zat radioaktif sumber terbuka, selain diberikan petunjuk kerja secara rinci dan jelas juga dilakukan proses untuk menurunkan tingkat kontaminasi (Puspodikoro, 1978).

Tujuan pemantauan radioaktivitas permukaan yang sering dilakukan adalah untuk menunjang tercapainya tujuan proteksi radiasi, yaitu menghindari paparan radiasi yang diterima manusia. Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kontaminasi radioaktif permukaan, dalam hal ini di Laboratorium Kimia Nuklir Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Faktor yang paling mempengaruhi paparan yang diterima oleh pekerja radiasi akibat kontaminasi permukaan adalah jenis kontaminan, kondisi kerja, dan kebiasaan kerja. Kondisi kerja dan kebiasaan kerja berbeda-beda untuk tiap negara sehingga batas maksimum yang diijinkan untuk tiap negara berbeda-

beda tergantung dari kebijaksanaan yang diambil (IAEA, 1970). Di Indonesia, Badan Tenaga Atom Nasional (Batan) telah menetapkan batas tingkat kontaminasi radioaktif permukaan seperti pada tabel 1 (Batan, 1983).

Tabel 1. Tingkat kontaminasi permukaan tertinggi yang diijinkan ( $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ )

	Daerah aktif	Daerah tak aktif	Pakaian	Kulit
Pemancar $\alpha$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Pemancar $\beta$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$

Sumber: Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi (Batan, 1983).

Teknik pemantauan kontaminasi radioaktif permukaan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu cara langsung dan cara tak langsung. Pemantauan cara langsung dilakukan dengan mengarahkan alat cacah dapat bawa (*portable*) secara langsung ke permukaan yang dipantau. Dan pemantauan tak langsung dilakukan dengan cara mengambil sampel dari daerah yang dipantau kemudian dicacah di ruang terpisah (IAEA, 1970). Khusus pemantauan radioaktif permukaan cara tak langsung dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti tes usap (*smear test*), teknik hisap dan lain-lain. Penelitian ini berupa pemantauan radioaktivitas permukaan dengan cara tes usap.

Tes usap dilakukan dengan cara mengusapkan kertas usap berbentuk bundar pada luasan tertentu pada permukaan yang dipantau dengan gerakan melingkar. Jumlah sampel tes usap yang diambil pada saat pemantauan tergantung pada besar ruangan dan kemungkinan ruangan tersebut terkontaminasi.

\*) Sutjipto, Dosen Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik UGM

Perkiraan kemungkinan terjadinya kontaminasi dilakukan dengan cara memantau langsung daerah-daerah yang diperkirakan dengan menggunakan surveimeter (Batan, 1983).

Sebelum melakukan tes usap pada daerah tersebut, kertas usap terlebih dahulu ditandai dengan lokasi dimana sampel tersebut akan diambil. Setelah pengambilan sampel pemantauan selesai, kertas usap selanjutnya dicacah di ruang pencacahan. Untuk menentukan tingkat kontaminasi digunakan formula

$$TK = \frac{10000.Cc}{Ed.FP.A} \quad (1)$$

dengan,

TK = tingkat kontaminasi, Bq/cm<sup>2</sup>

Cc = laju cacah sampel yang sudah terkoreksi

terhadap cacah latar, cps

Ed = efisiensi detektor, %

A = luas daerah usapan, cm<sup>2</sup>

FP = faktor pemindahan, %

Suatu pemantauan dikatakan berhasil jika mampu mendeteksi kontaminan radioaktif tepat pada posisi kontaminasi sehingga langkah-langkah proses dekontaminasi dapat dilakukan secara tepat dan seksama. Pemilihan cara pemantauan didasarkan pada bentuk geometri dari daerah yang akan dipantau serta jumlah kontaminan yang dapat dipindahkan dari permukaan yang dipantau. Tingkat kontaminasi tidak mungkin dihindarkan, yang paling mungkin adalah menekan demikian rupa sehingga tidak membahayakan. Semakin besar cacah kertas usap berarti semakin berat tingkat kontaminasi suatu permukaan untuk tipe permukaan yang sama.

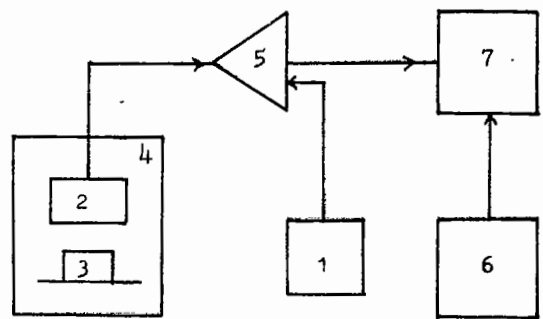
## CARA PENELITIAN

### Bahan penelitian

Bahan penelitian terdiri atas kertas usap dan bahan kontaminan yang ada di permukaan bahan yang dipantau di Laboratorium Kimia Nuklir Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Di samping bahan utama tersebut, juga disediakan bahan-bahan lainnya yang bersifat sebagai pencuci.

### Alat

Alat utama yang dipakai dalam penelitian ini berupa alat cacah Geiger Muller beserta piranti-piranti pelengkapannya. Di samping alat utama tersebut, juga dipakai alat bantu lainnya seperti surveimeter, planset aluminium, kertas saring dan gunting. Diagram blok piranti cacah dapat dilihat pada Gambar 1.



### Keterangan

1. Sumber tegangan tinggi

2. Detektor

3. Sampel

4. Tameng

5. Penguat awal

6. Pengala

7. Pencacah

Gambar 1. Diagram blok piranti cacah

### Prosedur penelitian

Penelitian dijalankan dalam beberapa tahapan, yaitu pemetaan terhadap lokasi ruangan yang akan dipantau, pemantauan secara langsung dengan menggunakan surveimeter, memberi tanda pada kertas usap yang akan digunakan pada pemantauan radioaktif permukaan. Kemudian dilakukan tes usap dengan cara mengusapkan kertas usap yang telah diberi tanda tersebut pada permukaan bahan-bahan yang diperkirakan terjadi kontaminasi, kertas usap dicacah dan dikoreksi terhadap cacah latar.

### Analisis hasil

Pada pemantauan kontaminasi radioaktif permukaan di Laboratorium Kimia Nuklir Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada dikenakan kondisi sebagai berikut:

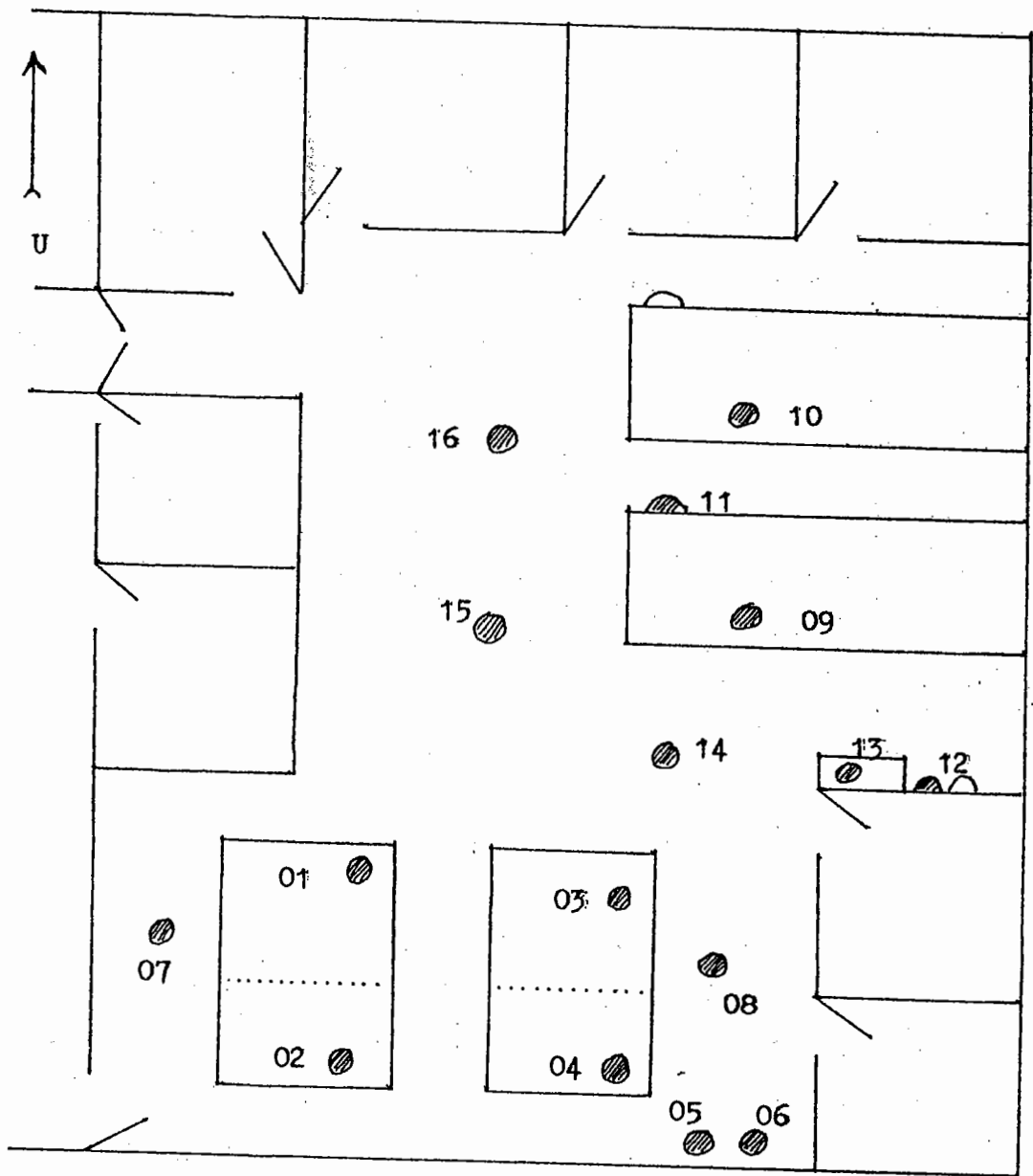
Luas daerah usapan, A = 100 cm<sup>2</sup>

Faktor pemindahan, FP = 20 %

Efisiensi detektor, Ed = 20 %

Waktu pencacahan, t = 2 menit.

Dengan menggunakan formula (1), dapat ditentukan tingkat kontaminasi suatu bahan atau daerah yang telah ditetapkan sebagai sampel untuk pemantauan kontaminasi radioaktif permukaan di Laboratorium Kimia Nuklir Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Pada penelitian ini telah ditetapkan 16 sampel yang mewakili beberapa bahan yang diperkirakan terjadi kontaminasi, khususnya meja laboratorium, lantai, wastafle, almari asam, dan wadah bahan radionuklida yang dipakai dalam kegiatan praktikum dan penelitian di fasilitas tersebut. Denah lokasi pemantauan dapat dilihat pada Gambar 2.

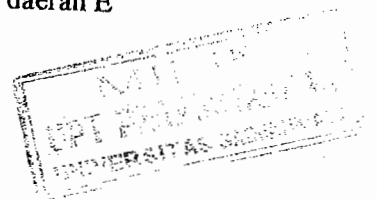


**Keterangan :**

- 01. Meja laboratorium A-1
- 02. Meja laboratorium A-2
- 03. Meja laboratorium B-1
- 04. Meja laboratorium B-2
- 05. Wadah radionuklida A
- 06. Wadah radionuklida B
- 07. Lantai daerah A
- 08. Lantai daerah B

- 09. Meja laboratorium C
- 10. Meja laboratorium D
- 11. Washtafle A
- 12. Washtafle B
- 13. Almari asam
- 14. Lantai daerah C
- 15. Lantai daerah D
- 16. Lantai daerah E

Gambar 2. Denah lokasi pemantauan



## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Setelah dilakukan perhitungan terhadap data-data sampel tes usap, dengan waktu pencacahan,  $t = 2$  menit, efisiensi detektor,  $E_d = 20 \%$ , faktor pemindahan,  $FP = 20 \%$ , dan luas daerah usapan,  $A = 100 \text{ cm}^2$ , maka dapat ditentukan besarnya kontaminasi pada Laboratorium Kimia Nuklir Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Besar kontaminasi sampel tes usap dapat dilihat pada Tabel 2.

langsung, yaitu dengan menggunakan survei-meter. Alasan utama pemantauan dilakukan pada daerah-daerah tersebut adalah karena kontaminasi akibat tumpahan merupakan kontaminasi yang paling mungkin mengakibatkan terjadinya peningkatan kontaminasi permukaan secara drastis.

Dari hasil perhitungan terhadap data-data yang didapat dari hasil percobaan terlihat bahwa tingkat kontaminasi pada daerah-daerah yang dipantau sangat bervariasi besarnya. Dari tempat atau bahan yang

Tabel 2. Besar kontaminasi sampel tes usap

Nomor sampel	Nama tempat/bahan	Besar kontaminasi, $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$
01	Meja laboratorium A-1	latar
02	Meja laboratorium A-2	latar
03	Meja laboratorium B-1	latar
04	Meja laboratorium B-2	$2,946 \cdot 10^{-6} \pm 3,72 \cdot 10^{-7}$
05	Wadah radionuklida A	$4,784 \cdot 10^{-6} \pm 4,19 \cdot 10^{-7}$
06	Wadah radionuklida B	$7,473 \cdot 10^{-6} \pm 4,73 \cdot 10^{-7}$
07	Lantai daerah A	latar
08	Lantai daerah B	latar
09	Meja laboratorium C	$2,912 \cdot 10^{-6} \pm 3,72 \cdot 10^{-7}$
10	Meja laboratorium D	$2,250 \cdot 10^{-6} \pm 3,58 \cdot 10^{-7}$
11	Washtafle A	$1,601 \cdot 10^{-6} \pm 3,38 \cdot 10^{-7}$
12	Washtafle B	$1,689 \cdot 10^{-6} \pm 3,45 \cdot 10^{-7}$
13	Almari asam	latar
14	Lantai daerah C	latar
15	Lantai daerah D	latar
16	Lantai daerah E	latar

Pemantauan kontaminasi radioaktif permukaan lebih dititik beratkan pada daerah-daerah yang mempunyai kemungkinan mengalami kontaminasi akibat tumpahan zat cair atau larutan radioaktif cukup besar. Besar kecilnya dari perkiraan mengenai ada tidaknya kontaminasi pada daerah-daerah tertentu tersebut dapat diamati dari metoda pemantauan

dipantau meliputi meja laboratorium, wadah radionuklida, washtafle, almari asam, dan lantai. Ternyata dari pengamatan sampel tes usap diperoleh hasil bahwa besarnya kontaminasi dari sampel tersebut tidak ada yang melebihi batas ambang tingkat kontaminasi yang diijinkan.

Titik lokasi yang mempunyai tingkat kontaminasi

relatif paling tinggi adalah pada titik lokasi nomor 06 (wadah radionuklida B) sebesar  $7,473 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ , dan lokasi nomor 05 (wadah radionuklida A) sebesar  $4,784 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ . Untuk titik lokasi yang tingkat kontaminasinya relatif agak tinggi, masing-masing titik lokasi nomor 04 (meja laboratorium B-2) sebesar  $2,946 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ , titik lokasi nomor 09 (meja laboratorium C) sebesar  $2,912 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ , dan titik lokasi nomor 10 (meja laboratorium D) sebesar  $2,250 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ .

Sementara itu, titik lokasi yang mempunyai tingkat kontaminasi relatif paling rendah atau mendekati sama dengan data cacah latar adalah pada titik-titik lokasi untuk tempat atau bahan berupa lantai daerah di fasilitas laboratorium tersebut, di samping juga ada bahan berupa almari asam dan meja laboratorium yang tidak terkontaminasi.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Tingkat kontaminasi di Laboratorium Kimia Nuklir Jurusan Teknik Nuklir Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada tidak ada yang melebihi batas ambang tingkat kontaminasi yang diijinkan.
2. Tingkat kontaminasi relatif tinggi terdapat pada wadah radionuklida B sebesar  $7,473 \cdot 10^{-6}$

$\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ , dan wadah radionuklida A sebesar  $4,784 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ .

3. Tingkat kontaminasi relatif sedang terdapat pada meja laboratorium B sebesar  $2,946 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ , meja laboratorium C sebesar  $2,912 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ , dan meja laboratorium D sebesar  $2,250 \cdot 10^{-6} \mu\text{Ci}/\text{cm}^2$ .
4. Tingkat kontaminasi relatif rendah atau mendekati sama dengan cacah latar adalah pada titik-titik lokasi untuk tempat atau bahan berupa almari asam, wastafel dan lantai daerah di fasilitas laboratorium tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Tenaga Atom Nasional, 1983, *Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi*, Batan, Jakarta.
- International Atomic Energy Agency, 1970, *Monitoring of Radioactive Contamination on Surface*, Technical Reports Series No. 120, IAEA, Vienna.
- International Atomic Energy Agency, 1970, *Radiation Protection Procedures*, Safety Series No. 38, IAEA, Vienna.
- Puspodikoro, S., 1978, *Cara Aman Menangani Radionuklida*, Teknik Nuklir Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.